



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 15 830 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 02 B 6/13
G 02 B 6/138

②① Aktenzeichen: 100 15 830.7
②② Anmeldetag: 30. 3. 2000
②③ Offenlegungstag: 11. 10. 2001

DE 100 15 830 A 1

⑦① Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦④ Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 81479
München

⑦② Erfinder:
Krabe, Detlef, Dr.rer.nat., 10439 Berlin, DE; Scheel,
Wolfgang, Prof. Dr.-Ing.habil., 10178 Berlin, DE;
Schmieder, Kai, Dipl.-Ing., 01129 Dresden, DE;
Wolter, Klaus-Jürgen, Prof. Dr.-Ing., 01217 Dresden,
DE; Sergiusz, Patela, Wrockaw, PL

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 197 07 093 A1
DE 39 29 410 A1
US 43 43 890

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Optischer Wellenleiter und Verfahren zum Herstellen desselben
⑤⑦ Ein Verfahren zum Herstellen eines optischen Wellenleiters für eine Leiterplatte weist das Erzeugen eines Grabens in der Leiterplatte und das Einbringen eines transparenten Materials in den Graben auf, um den Wellenleiter zu bilden. Ein optischer Wellenleiter weist eine Leiterplatte mit einem Graben und ein transparentes Material in dem Graben auf.

DE 100 15 830 A 1

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf optische Lichtwellenleiter und insbesondere auf Lichtwellenleiter, die in Leiterplatten hergestellt sind, sowie auf deren Herstellung.

[0002] Der Einsatz sehr hoher Datenraten in Kommunikationsanwendungen, wie z. B. in der Telekommunikation oder Rechentechnik, stellt an die Übertragungsstrecken immer höhere Anforderungen bezüglich der Bandbreite und der Insensibilität gegenüber äußeren elektromagnetischen Feldern. Elektrische Leitungen genügen diesen Forderungen nur noch unter erhöhtem Aufwand und stellen somit einen immer höher werdenden Kostenfaktor bei einem Systemaufbau dar. Folglich sind die in der Praxis realisierbaren elektrischen Leiterlängen begrenzt.

[0003] Um die Nachteile, die bei der Verwendung von elektrischen Leitungen auftreten, wie z. B. die begrenzte Bandbreite und die Empfindlichkeit gegenüber äußeren elektromagnetischen Feldern, zu überwinden, werden optische Übertragungsstrecken mit Lichtwellenleitern (sogenannten Lichtleitfasern) oder integrierten Wellenleitern verwendet. Allerdings erfordert eine diskrete Verlegung der optischen Faserverbindungen zusätzliche Arbeitsschritte und unterbindet die unmittelbare Implementierung passiver optischer Strukturen, wie z. B. Verteilern.

[0004] Verfahren zur Strukturierung optischer Wellenleiter für Leiterplatten sind im Stand der Technik bekannt und umfassen die photolithographische Strukturierung, das Laserdirekt schreiben, Heißprägen und Trockenätzen. Bei diesen Verfahren werden die Wellenleiterstrukturen in einer zusätzlichen Schicht oder Folie erzeugt, die daraufhin durch Laminieren in den Leiterplattenverbund eingebracht wird. Im folgenden werden die vorhergehenden erwähnten Verfahren etwas detaillierter erläutert.

[0005] Bei der photolithographischen Strukturierung und der Laserdirektbelichtung werden Polymerschichten, nachdem dieselben in einem Spin-Coating-Prozeß bzw. einem Aufschleuderverfahren auf einem Zielsubstrat aufgebracht worden sind, mittels einer Photomaskentechnik oder eines bewegten Laserstrahls örtlich selektiv belichtet. Bei negativ photosensiblen Materialien führt die Belichtung zu einer Vernetzungsreaktion, wohingegen positiv photosensible Stoffe bei Belichtung zersetzt werden. Nach einem Entwicklungsschritt und dem Aushärten der Schicht liegen Polymerstrukturen vor, die als Kern oder Mantel für den weiteren Wellenleiteraufbau dienen.

[0006] Das Vorhandensein von Photovernetzern für die Vernetzungsreaktion in dem Polymerverbund der Polymerschichten führt jedoch zu höheren Dämpfungswerten als in dem Grundmaterial. Es ist ebenfalls nachteilhaft, daß lediglich Schichtdicken von einigen 10 bis maximal 100 µm erreicht werden können. Überdies lassen sich lediglich Belichtungsanlagen der Halbleiterindustrie einsetzen, wobei die Kosten für Laserdirektbelichter, die einen ausreichenden Durchsatz liefern, sehr hoch sind.

[0007] Bei dem Heißprägestrukturverfahren wird unter Temperatur- und Druckerhöhung die präzise Abformung eines Werkzeugreliefs in einen thermoplastischen Kunststoff erzeugt. Die als Platten oder Folien ausgeführten Werkstücke erhalten dadurch Kanäle, die in weiteren Prozeßschritten mit einem Kernmaterial für die Wellenleiter gefüllt und mit einer Mantelschicht überzogen werden. Die strukturierbaren Flächen sind derzeit auf etwa 15 cm Durchmesser beschränkt. Der Grund hierfür besteht in der begrenzten Herstellbarkeit hochpräziser Werkzeuge. Die Kosten für Heißprägeanlagen sind beträchtlich hoch.

[0008] Beim Trockenätzen, wie z. B. dem reaktiven Ione-

nätzen, bewirken physikalische und chemische Prozesse eine Abtragung nicht abgedeckter Gebiete. Als Abdeckmaske werden photolithographisch strukturierte und im allgemeinen anorganische Schichten verwendet. Die Verfahrensführung ist sehr aufwendig und erfordert kostspielige RIE-Anlagen. Zum Ätzen werden häufig sehr giftige Prozeßgase verwendet. Außerdem geht die Strukturierung im allgemeinen nur sehr langsam voran, da nur geringe Abtragraten, d. h. abgetragenes Material pro Zeiteinheit, erreicht werden können.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen optischen Wellenleiter und ein Verfahren zum Herstellen eines optischen Wellenleiters für eine Leiterplatte zu schaffen, so daß der optische Wellenleiter mit weniger Aufwand hergestellt werden kann.

[0010] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und einen optischen Wellenleiter gemäß Anspruch 13 gelöst.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines optischen Wellenleiters für eine Leiterplatte weist das Erzeugen eines Grabens und das Einbringen eines transparenten Materials in den Graben, um den Wellenleiter zu bilden, auf.

[0012] Der erfindungsgemäße optische Wellenleiter weist eine Leiterplatte mit einem Graben und ein transparentes Material in dem Graben auf.

[0013] Der vorliegenden Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, daß die Struktur des Lichtwellenleiters durch einen isotropen Ätzschritt direkt in der Leiterlage des Leiterplattenbasismaterials oder einer Leiterplatte erzeugt wird. Der wesentliche Unterschied zu den oben genannten Techniken besteht darin, daß typische Prozesse der Leiterplattenfertigung zur Erzeugung der multimodalen Strukturen genutzt werden können, so daß der Herstellungsaufwand und damit auch die Herstellungskosten reduziert werden.

[0014] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden optische Wellenleiterstrukturen in einer Leiterplatte gebildet, die aus einer Leiterschicht und einem Basissubstrat besteht. Die Strukturierung der Leiterschicht erfolgt durch ein Ätzverfahren, kann aber auch unter Verwendung anderer üblicher Leiterplattenstrukturierungsvorgängen, wie z. B. der Laserablation, dem mechanischen Kratzen, usw. durchgeführt werden. Auf die durch das Ätzverfahren erzeugten Leitergräben wird beispielsweise durch einen Tauchprozeß eine Polymerlösung mit geringer Viskosität aufgebracht, die daraufhin ausgehärtet wird, um eine erste Mantelschicht in den Leitergräben zu bilden. In die auf diese Weise ausgekleideten Leitergräben wird beispielsweise durch Rakeln ein Kernmaterial, wie z. B. ein transparentes, UV-aushärtendes Polymermaterial, eingebracht und daraufhin ausgehärtet. Schließlich wird auf dem Kernmaterial beispielsweise durch einen weiteren Tauchprozeß eine zweite Mantelschicht aufgebracht und ausgehärtet. Hierdurch werden in der Grabenstruktur multimodale Wellenleiter hergestellt, die einen relativ großen Querschnitt, von beispielsweise 175 µm Höhe und 250 µm Breite, aufweisen.

[0015] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß alle zur Herstellung des optischen Wellenleiters notwendigen technologischen Schritte mit Standardprozessen der Leiterplattenherstellung realisiert werden können. Hierdurch werden sowohl der Herstellungsaufwand als auch die Herstellungskosten reduziert.

[0016] Es ist zudem ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, daß die Wellenleiter in der Leiterplatte integriert sind, so daß hybride Baugruppenträger geliefert werden, die eine SMD-Kompatibilität (SMD = Surface Mounted device = Oberflächenanbringungsbauelement) sowohl bezüglich der elektrischen als auch der optischen Funktionalität aufwei-

sen.

[0017] Da zudem der Querschnitt der Wellenleiter eine Höhe von beispielsweise 175 µm und eine Breite von 250 µm aufweisen kann, wird den Fertigungstoleranzen bei der SMD-Bestückung in geeigneter Weise Rechnung getragen.

[0018] Folglich ist es gemäß der vorliegenden Erfindung möglich, Leiterplatten mit optischen Wellenleitern zu schaffen, für die einerseits zur Herstellung nur Standardprozesse der Leiterplattenherstellung notwendig sind, und die andererseits nach ihrer Herstellung eine Bestückung der Leiterplatte mit elektrischen und optischen Bauelementen mittels SMD-Technik ermöglicht.

[0019] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0020] Fig. 1a-1h Querschnitte eines optische Wellenleiters gemäß der vorliegenden Erfindung nach einzelnen Herstellungsschritten, um das Verfahren zum Herstellen des optischen Wellenleiters gemäß der vorliegenden Erfindung zu veranschaulichen; und

[0021] Fig. 2 einen typischen Querschnitt durch einen geätzten Kupfergraben gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0022] Es wird zunächst auf Fig. 1a-1h Bezug genommen, die die Schritte zum Herstellen eines optischen Wellenleiters für eine Leiterplatte gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulichen. Es wird darauf hingewiesen, daß alle Elemente der Fig. 1a-1h, die sich in mehreren Figuren befinden, in jeder dieser Figuren das gleiche Bezugszeichen aufweisen, und daß bei der Beschreibung der Fig. 1a-1h die jeweils identischen Elemente nicht mehrmals beschrieben werden.

[0023] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst eine Leiterplatte bereitgestellt. Bei dem in Fig. 1a bis 1h gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Leiterplatte eine Leiterschicht 10 auf, die auf einem Basissubstrat 20 angeordnet ist. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß die genaue Gestaltung der Leiterplatte für die vorliegende Erfindung nicht wesentlich ist, und daß es ferner möglich ist, daß das Basissubstrat 20 fehlt, oder daß die Leiterplatte aus einer Mehrzahl von unterschiedlichen Schichten unterhalb einer Leiterschicht besteht. Es wird ferner darauf hingewiesen, daß es möglich ist, daß auf jeder der zwei Hauptseiten eines Basissubstrats eine Leiterschicht angeordnet ist. Für diesen Fall wird darauf hingewiesen, daß in den Fig. 1a-1h lediglich eine Leiterschicht bzw. eine Seite des Basissubstrats 20 gezeigt wird, daß es aber möglich ist, die folgenden Schritte auf beiden Seiten bzw. an beiden Leiterschichten durchzuführen. Das Material der Leiterschicht kann jedes beliebige Leitermaterial, wie z. B. Kupfer, sein.

[0024] In einem nächsten Schritt wird auf die Leiterschicht 10 eine Photoresistschicht 30 aufgebracht, wobei dieser Schritt gemäß herkömmlichen Leiterplattenfertigungsprozessen durchgeführt werden kann. Bei einem Ausführungsbeispiel wird die Photoresistschicht 30 durch ein Tauchverfahren aufgebracht, so daß die Photoresistschicht 30 auf den Leiterschichten 10 beiderseits des Basissubstrats 20 aufgebracht wird in Fig. 1a ist lediglich eine Leiterschicht bzw. eine Seite des Basissubstrats 20 gezeigt). Es sind jedoch auch andere Standardverfahren zum Aufbringen eines Resists anwendbar, wie z. B. ein Aufschleuderverfahren.

[0025] Als nächstes wird das Photoresist 30 unter Verwendung einer Maske (nicht gezeigt) belichtet und entwickelt, um das Resist 30 auf der Leiterschicht 10 an unbelichteten Stellen 40 zu entfernen und an diesen Stellen 40 die Leiterschicht 10 freizulegen. Die Verfahren zum Belichten und Entwickeln des Resist 30 entsprechen den bekannten Stan-

dardprozessen der Leiterplattenfertigung. Es wird darauf hingewiesen, daß ferner ein Laserdirektbeschreibverfahren zur strukturierten Belichtung verwendet werden kann. Das Resist 30 mit den unbelichteten und entfernten Stellen 40 ist in Fig. 1b gezeigt.

[0026] Nachdem das Resist 30 an den unbelichteten Stellen 40 entfernt worden ist, wird die Leiterschicht 10 von der Seite des Photoresist 30 her geätzt, um in der Leiterschicht 10 an den Stellen 40 Gräben 50 zu bilden. Wie es in Fig. 1c gezeigt ist, weisen die so hergestellten Gräben eine Wannenform auf. Zum Ätzen können die im Stand der Technik bekannten Ätzverfahren der Leiterplattenfertigung verwendet werden, wie z. B. isotropes Ätzen, Naßätzen, usw. Die Leiterplatte wird beispielsweise in eine Durchlaufätzmaschine gebracht, in der dieselbe von einem Ätzmedium umspült wird. Anhand der Durchlaufgeschwindigkeit, d. h. der Geschwindigkeit, mit der die Leiterplatte die Durchlaufätzmaschine durchläuft, und der Zyklenzahl, d. h. der Anzahl, wie oft die Leiterplatte die Durchlaufätzmaschine durchläuft, kann die Tiefe der geätzten Gräben eingestellt werden. Deshalb kann, obwohl es in Fig. 1c gezeigt ist, daß sich die Gräben bis zu dem Basissubstrat 20 hinab erstrecken, die Tiefe der Gräben 50 auch geringer als in Fig. 1c gezeigt eingestellt werden. Es wird ferner darauf hingewiesen, daß es, obwohl Fig. 1c zeigt, daß sich die Gräben 50 teilweise unter die unbelichteten entfernten Stellen 40 der Resistschicht 30 erstrecken, bzw. daß die Resistschicht 30 unterätzt wird, wie es beim isotropen Ätzen der Fall ist, jedoch auch andere Konfigurationen möglich sind, bei denen sich die Gräben nicht unter die Resistschicht erstrecken, wie es bei anisotropen Verfahren der Fall ist. In dem vorliegenden Fall ist dieses Unterätzen bei Erstellung der Maske zum Belichten der Resistschicht 30 berücksichtigt, um eine gewünschte Grabenbreite zu erzeugen.

[0027] Hiernach wird das restliche Resist 30, das nach dem Schritt des Belichtens und Entwickelns auf der Leiterschicht 10 verblieben ist, von der Leiterschicht 10 entfernt bzw. das Resist 30 gestrippt. Zum Entfernen des Resistes können die im Stand der Technik bekannten Verfahren verwendet werden, wobei dieselben beispielsweise ein mechanisches Schleifen, eine chemische Behandlung oder ähnliche Verfahren aufweisen. Fig. 1d stellt die auf diese Weise hergestellte Leiterschicht 10 auf dem Basissubstrat 20 und mit den Gräben 50 dar. Wie es in Fig. 1c gezeigt ist, weisen die Gräben 50 bevorzugterweise eine Breite von 200-250 µm auf. Andere Breiten sind jedoch abhängig von dem herzustellenden Wellenleiter ebenfalls möglich.

[0028] Es wird darauf hingewiesen, daß andere Verfahren verwendet werden können, um die in Fig. 1d gezeigten Gräben 50 in der Leiterschicht 10 zu erzeugen, als das Ätzverfahren, wie es in den Fig. 1a-1c dargestellt ist. Die Gräben könnten beispielsweise direkt auf der Leiterschicht, wie z. B. durch mechanisches Kratzen, Laserablation, usw., erzeugt werden, ohne eine Resistschicht aufzubringen und wieder zu entfernen.

[0029] Nachdem die Gräben 50 erzeugt und (in dem Fall eines Ätzverfahrens) das Resist 30 entfernt worden ist, wird auf einer nun vollständig freiliegenden Oberfläche 60 der Leiterschicht 10 mit den Gräben 50 eine untere Mantelschicht 70, wie z. B. eine gering-viskose Polymerlösung, aufgebracht. Zum Aufbringen kann jeglicher bekannte Prozeß der Leiterplattenfertigung, der hierzu geeignet ist, verwendet werden, wie z. B. ein Tauchverfahren. In dem vorliegenden Fall ist die untere Mantelschicht 70, wie es in Fig. 1e gezeigt ist, auf der gesamten Oberfläche 60 der Leiterschicht 10 angeordnet, wie es nach einem Tauchverfahren der Fall ist. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß es ferner möglich ist, die untere Mantelschicht 70 gezielt lediglich

dort auf die Oberfläche 60 der Leiterschicht 10 aufzubringen, wo die Gräben 50 gebildet sind.

[0030] Nachdem die untere Mantelschicht 70 aufgebracht ist, wird dieselbe mittels herkömmlichen Verfahren, wie z. B. durch Wärmezufuhr, UV-Bestrahlung, chemische Behandlung, usw., ausgehärtet.

[0031] Nachdem die untere Mantelschicht 70 hergestellt ist, wird in die Gräben 50 in der Leiterschicht 10 auf die untere Mantelschicht 70 ein Kernmaterial, wie z. B. transparentes Polymermaterial, eingebracht, beispielsweise durch Rakeln. Das in die Gräben 50 eingebrachte Kernmaterial 80 bildet den Wellenleiterkern des herzustellenden Lichtwellenleiters. Fig. 1f zeigt die Leiterplatte mit den Gräben 50, der darauf angeordneten unteren Mantelschicht 70 und dem in den Gräben 50 angeordneten Kernmaterial. Obwohl Fig. 1f die Gräben 50 mit dem Kernmaterial 80 derart zeigt, daß das Kernmaterial 80 die Gräben 50 vollständig, d. h. bis oben hin, ausfüllt und darüber hinaus sogar die untere Mantelschicht 70 vollständig bedeckt, ist es ferner möglich, das Kernmaterial 80 gezielt derart in die Gräben 50 einzubringen, daß die Gräben 50 nicht vollständig ausgefüllt sind, d. h. daß in dem Bereich zwischen den Gräben 50 entweder die untere Mantelschicht 70 freiliegt, oder die Leiterschicht freiliegt (in dem Fall, daß die untere Mantelschicht lediglich innerhalb der Gräben 50 aufgebracht ist). Nachdem die Gräben 50 mit dem Kernmaterial 80 gefüllt sind, wird das Kernmaterial ausgehärtet, wie es im Stand der Technik bekannt ist.

[0032] Bei einem Ausführungsbeispiel ist das Kernmaterial 80 beispielsweise ein transparentes, UV-aushärtbares Polymermaterial, wobei dasselbe, wie es in Fig. 1g gezeigt ist, einem UV-Licht 90 ausgesetzt wird, um dasselbe auszuhärten. Das Kernmaterial 80 könnte jedoch auch ein durch Wärmezufuhr, eine chemische Behandlung oder andere übliche Maßnahmen aushärtbares Material sein, wobei andere Maßnahmen verwendet werden könnten, um das Kernmaterial auszuhärten, als die in Fig. 1g gezeigte UV-Bestrahlung.

[0033] Nachdem das Kernmaterial 80 ausgehärtet ist, wird auf das Kernmaterial 80 eine obere Mantelschicht 100 aufgebracht, das ebenfalls transparent ist. Es wird darauf hingewiesen, daß es, obwohl Fig. 1h die obere Mantelschicht 100 derart zeigt, daß sich dieselbe sowohl über das Kernmaterial 80 in den Gräben 50 als auch über die Bereiche der Leiterschicht 10 bzw. der unteren Mantelschicht 70 zwischen den Gräben 50 erstreckt, möglich ist, daß die obere Mantelschicht 100 gezielt lediglich über der freiliegenden Oberfläche des Kernmaterials 80 in den Gräben 50 aufgebracht wird. Das Aufbringen der oberen Mantelschicht 100 erfolgt wiederum mittels herkömmlicher Standardprozesse der Leiterplattenfertigung, wobei die obere Mantelschicht 100 daraufhin ausgehärtet wird, wie es im Stand der Technik bekannt ist, wie z. B. durch Wärmezufuhr, UV-Bestrahlung, chemische Behandlung, usw.

[0034] Durch die im vorhergehenden beschriebenen Schritte des Ausführungsbeispiels von Fig. 1a-1h werden multimodale Lichtwellenleiter hergestellt, die einen relativ großen Querschnitt mit einer Höhe von 175 µm und einer Breite von 250 µm aufweisen können. Wie es im vorhergehenden erwähnt wurde, ermöglichen es diese Abmessungen, daß die so hergestellte Leiterplatte mittels einer SMD-Technik bestückbar ist. Ferner sind für den Herstellungsprozeß lediglich im Stand der Technik bekannte Standardprozesse der Leiterplattenfertigung erforderlich, so daß die Herstellungskosten und der Herstellungsaufwand verringert werden.

[0035] Es wird nun auf Fig. 2 Bezug genommen, in der ein typischer Querschnitt eines geätzten Kupfergrabens in Bezug auf die lichtundurchlässige Struktur einer Photo-

maske gezeigt ist. Fig. 2 zeigt eine Kupferschicht 210 mit einer Dicke von 210 µm auf einem Basissubstrat 220, wobei in der Kupferschicht 210 ein Graben 230 gebildet ist. Es ist ferner eine zur Herstellung des Grabens 230 verwendete Photomaske 240 gezeigt. Die Photomaske 240 weist in einem Bereich 250 eine licht- undurchlässige Struktur auf, wodurch die sich über der Kupferschicht 210 befindliche Photoresistschicht (nicht gezeigt in Fig. 2) in diesem Bereich 250 nicht belichtet wurde. Die lichtundurchlässige Struktur bzw. der unbelichtete Bereich 250 befindet sich direkt oberhalb des später geätzten Grabens 230 und weist eine Breite von 150 µm auf. Der unbelichtete Bereich 250 des Photoresists ermöglicht das Ätzen des Grabens 230 unterhalb des unbelichteten Bereichs. In dem vorliegenden Fall wurde ein isotroper Ätzprozeß zum Ätzen des Grabens 230 verwendet, weshalb ein Unterätzen der ursprünglichen Resiststruktur verursacht wurde, wobei der Graben 230 eine Breite von etwa 250 µm aufweist. Die Breite des unbelichteten Bereichs 250 wird gezielt auf die gewünschte Breite des Grabens 230 eingestellt, indem verschiedene Parameter, wie z. B. die Zyklenzahl und die Durchlaufgeschwindigkeit, berücksichtigt werden. Überdies erstreckt sich der Graben 230 nicht wie bei dem Ausführungsbeispiel von Fig. 1c-1h bis zu dem Basissubstrat 220 hinab, sondern weist lediglich eine Tiefe von ca. 120 µm auf. Es wird darauf hingewiesen, daß, wie bereits erwähnt, der Graben ferner durch andere Verfahren zum Erzeugen eines Grabens hergestellt werden kann, und daß die genaue Struktur bzw. das genaue Aussehen anders geformt sein kann.

[0036] Im folgenden werden zwei Ausführungsbeispiele zum Herstellen des erfindungsgemäßen Lichtwellenleiters detaillierter und unter Angabe der verwendeten Materialien näher beschrieben.

[0037] Bei dem ersten detaillierten Beispiel wurde zur Herstellung der optischen Wellenleiterstrukturen als Basismaterial ein Substrat verwendet, das von der ISOLA AG verfügbar ist, und eine Qualität von 104 (FR 4) und eine Dicke von 1,6 mm aufweist. Zudem ist das Substrat beidseitig mit einer Kupferschicht von 210 µm Dicke versehen.

[0038] Die Strukturierung der Kupferschicht erfolgt in herkömmlicher Weise im Subtraktivverfahren. Zunächst wird ein Festphotoresist aufgebracht bzw. auflaminiert. Hiernach wird das Festresist strukturiert belichtet und in einer Durchlaufmaschine bei beispielsweise 30°C entwickelt. Ein wässrig alkalisches Entwicklungsmedium wäscht die unbelichteten Stellen des Resists heraus. Zum Ätzen wird die Leiterplatte in eine Durchlaufätzmaschine gebracht, wo dieselbe von einem Ätzmedium umspült wird. Anhand der eingestellten Durchlaufgeschwindigkeit und der Zyklenzahl wird die Tiefe der geätzten Gräben definiert eingestellt, so daß ebenfalls mehrere Plattendurchläufe verwendet werden können. Das Resist wird anschließend mit Natrium- oder Kaliumhydroxid gestrippt. Die so erhaltene Grabenstruktur ist in Fig. 2 gezeigt. Die strukturierte Platine wird anschließend mit einem transparenten Polymerfilm überzogen. Der transparente Polymerfilm besteht aus dem Material TOPAS® 6017, das von der Firma TICONA GmbH verfügbar ist. Der transparente Polymerfilm wird aufgebracht, indem die Leiterplatte in eine Toluol Lösung getaucht wird, in der das TOPAS®-Material gelöst ist. Nach dem Verdampfen des Lösungsmittels Toluol bleibt die untere Mantelschicht auf der mit Gräben versehenen Kupferschicht zurück. Der im vorhergehenden beschriebene Schritt des Aufbringens kann von einem herkömmlichen Aushärteprozeß gefolgt werden, wie z. B. einer Wärmebehandlung, einer UV-Bestrahlung, usw., um die untere Mantelschicht auszuhärten und zu homogenisieren.

[0039] Die so ausgekleidete Grabenstruktur wird nun

durch Rakeln mit einem Kernmaterial gefüllt. In diesem Fall wurde als das Kernmaterial das Material NOA 81 ausgewählt, das von der Firma Norland Optical Adhesives verfügbar ist. Das Kernmaterial wurde anschließend durch Bestrahlung mit UV-Licht ausgehärtet, wobei hierzu die in dem Datenblatt NOA 81 von Norland Optical Adhesives, 1998, das hiermit unter Bezugnahme aufgenommen wird, empfohlene Intensität von 2 Joule/cm² für ein vollständiges Aushärten des Kernmaterials verwendet wurde.

[0040] Als Schutz- oder obere Mantelschicht wurde das Material Vitralit® 1505 verwendet, das von der Panacol-Elosol GmbH verfügbar ist. Die obere Mantelschicht wird wiederum durch einen Tauchprozeß aufgebracht. Das Aushärten der oberen Mantelschicht wurde entsprechend den Herstellerangaben durchgeführt, wobei die Aushärtezeit 90 Sekunden und die empfohlene Intensität für eine Schichtstärke von kleiner als 0,5 mm und für UV-A-Licht 60 mW/cm² beträgt. Bezüglich weiterer Herstellerangaben wird auf das technische Datenblatt Vitralit® 1505 von der Panacol-Elosol GmbH, 05/1999, verwiesen, das hiermit unter Bezugnahme aufgenommen wird.

[0041] Bei dem zweiten detaillierten Ausführungsbeispiel des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung wurde dasselbe Basismaterial für die Leiterplatte wie bei dem ersten detaillierten Ausführungsbeispiel verwendet, d. h. das Substrat von der Firma ISOLA AG. Das zweite detaillierte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem ersten detaillierten Ausführungsbeispiel dadurch, daß andere Materialkombinationen und damit eine andere Prozeßführung verwendet wird. Hierbei erfordern weder die Mantel- noch die Kernschicht die Verwendung von organischen Lösungsmitteln.

[0042] Als Material für die untere Mantelschicht wird ein niedrigbrechendes transparentes Material, das Vitralit® 1505 von der Panacol-Elosol GmbH, verwendet. Das Aufbringen erfolgt durch Dispensieren oder Tauchen. Zur Viskositätsabsenkung wird die Leiterplatte und der Klebstoff auf ca. 40°C vorgewärmt. Das Aushärten der Schicht wird entsprechend den Herstellerangaben durch Belichtung mit UV-A-Strahlung ausgeführt, wobei, wie es im vorhergehenden bereits erwähnt wurde, für eine Schichtstärke von weniger als 0,5 mm die Aushärtezeit 90 Sekunden und die Intensität von UV-A-Licht 60 mW/cm² beträgt.

[0043] Die ausgekleidete Grabenstruktur wird auch bei diesem zweiten detaillierten Ausführungsbeispiel durch Rakeln mit dem Kernmaterial gefüllt. In diesem Fall wird das Material NOA 81 von der Firma Norland Optical Adhesives verwendet. Das Kernmaterial wird anschließend unter Verwendung von UV-Licht ausgehärtet, wobei wiederum die von dem Hersteller empfohlene Intensität von 2 Joule/cm² für ein vollständiges Härten des Kernmaterials verwendet wird.

[0044] Als das Material für die obere Mantelschicht wird das Material NOA 68 von der Firma Norland Optical Adhesives verwendet. Die Aufbringung erfolgt wiederum durch Dispensieren, wobei die Aushärtung durch UV-Bestrahlung erfolgt. Zur vollständigen Aushärtung des Materials der oberen Mantelschicht wird eine Intensität von 4,5 Joule/cm² verwendet, wobei für detailliertere Herstellerangaben auf das Datenblatt NOA 68 von Norland Optical Adhesives, 1998, verwiesen wird, das hiermit unter Bezugnahme aufgenommen wird.

[0045] Es wird darauf hingewiesen, daß es, obwohl es im vorhergehenden beschrieben wurde, daß eine obere und untere bzw. eine erste und eine zweite Mantelschicht aufgebracht wird, möglich ist, einen Lichtwellenleiter mit nur der unteren Mantelschicht herzustellen, so daß die entsprechenden Schritte zum Aufbringen der oberen Mantelschicht

weggelassen werden würden. In diesem Fall befände sich das Kernmaterial direkt auf der Grabenoberfläche. Die schlechteren Dämpfungseigenschaften eines solchen unten mantellosen Lichtwellenleiters könnten durch Verwenden eines transparenten Materials mit einem höheren Brechungsindex verringert werden.

[0046] Es wird ferner darauf hingewiesen, daß die genaue Gestaltung bzw. die genaue Anordnung der oberen Mantelschicht für die vorliegende Erfindung nicht wesentlich sind. Vielmehr ist es möglich, beispielsweise andere Materialien für die obere Mantelschicht zu verwenden, die eine optische Lichtwellenleitung in dem Lichtwellenleiter ermöglichen. Die obere Mantelschicht kann beispielsweise durch eine transparente Kleberschicht mit entsprechenden optischen Eigenschaften gebildet sein.

[0047] Es wird ferner darauf hingewiesen, daß die Schritte zum Aushärten des Kernmaterials und der oberen und unteren Mantelschicht fehlen können, falls geeignete Materialien, wie zum Beispiel selbstaushärtende Materialien, verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines optischen Wellenleiters für eine Leiterplatte (10), mit folgenden Schritten:
Erzeugen eines Grabens (50) in der Leiterplatte (10);
Einbringen eines transparenten Materials (80) in den Graben (50), um den Wellenleiter zu bilden.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, das ferner folgenden Schritt aufweist:
vor dem Schritt des Einbringens, Bilden einer ersten Mantelschicht (70) in dem Graben (50).
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, bei dem die erste Mantelschicht (70) niedrigbrechendes Polymermaterial aufweist.
4. Verfahren gemäß Anspruch 2 oder 3, bei dem der Schritt des Bildens der ersten Mantelschicht (70) folgende Teilschritte aufweist:
Aufbringen der ersten Mantelschicht (70) in dem Graben (50); und
Aushärten der ersten Mantelschicht (70).
5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, das ferner folgenden Schritt aufweist:
nach dem Schritt des Einbringens, Bilden einer zweiten Mantelschicht (100) auf dem transparenten Material (80).
6. Verfahren gemäß Anspruch 5, bei dem die zweite Mantelschicht (100) transparentes Polymermaterial aufweist.
7. Verfahren gemäß Anspruch 5 oder 6, bei dem der Schritt des Bildens der zweiten Mantelschicht (100) folgende Teilschritte aufweist:
Aufbringen der zweiten Mantelschicht (100) auf dem transparenten Material (80); und
Aushärten der zweiten Mantelschicht (100).
8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, das ferner folgenden Schritt aufweist:
nach dem Schritt des Aufbringens, Aushärten des transparenten Materials (80).
9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schritt des Erzeugens isotropes Ätzen, Naßätzen, mechanisches Kratzen oder Laserablation aufweist.
10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das transparente Material transparentes Polymermaterial aufweist.
11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden An-

sprüche, bei dem das transparente Material (80) UV-aushärtbar ist.

12. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem der Schritt des Erzeugens des Grabens (50) folgende Teilschritte aufweist:

Aufbringen eines Photoresists (30) auf der Leiterplatte (10);

Belichten des Resists (30) dort, wo der Graben (50) erzeugt werden soll;

Entwickeln des Resists (30), um die Leiterplatte (10) dort, wo der Graben (50) erzeugt werden soll, freizulegen;

Ätzen der Leiterplatte (10), um den Graben (50) zu erzeugen; und

Entfernen des Resists (30).

13. Optischer Wellenleiter mit

einer Leiterplatte (10) mit einem Graben (50); und einem transparenten Material (80) in dem Graben (50).

14. Optischer Wellenleiter gemäß Anspruch 13, der ferner folgendes Merkmal aufweist:

eine erste Mantelschicht (70), die zwischen dem transparenten Material (80) und der Leiterplatte (10) angeordnet ist.

15. Optischer Wellenleiter gemäß Anspruch 14, bei dem die erste Mantelschicht (70) niedrigbrechendes Polymermaterial aufweist.

16. Optischer Wellenleiter gemäß einem der Ansprüche 13 bis 15, der ferner folgendes Merkmal aufweist: eine zweite Mantelschicht (100), die auf dem transparenten Material (80) angeordnet ist.

17. Optischer Wellenleiter gemäß Anspruch 16, bei dem die zweite Mantelschicht (100) transparentes Polymermaterial aufweist.

18. Optischer Wellenleiter gemäß einem der Ansprüche 13 bis 17, bei dem das transparente Material transparentes Polymermaterial aufweist.

19. Optischer Wellenleiter gemäß einem der Ansprüche 13 bis 18, bei dem das transparente Material (80) UV-aushärtbar ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

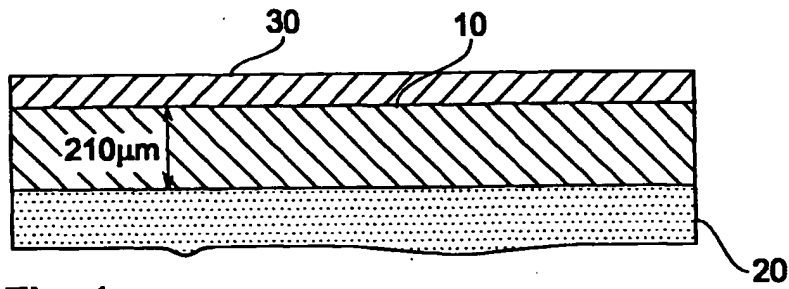


Fig. 1a

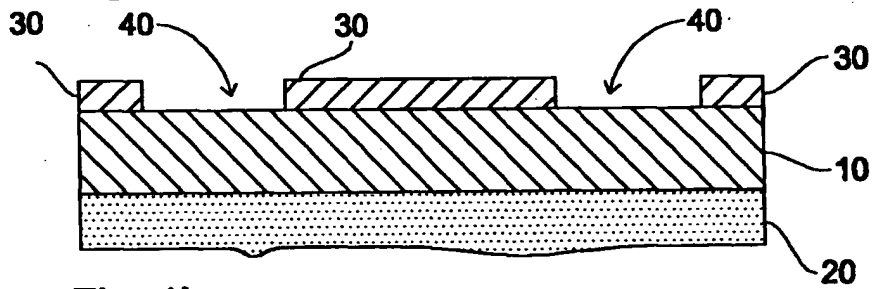


Fig. 1b

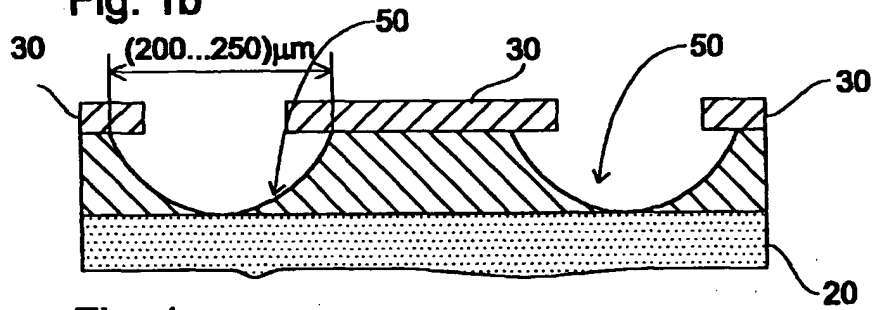


Fig. 1c

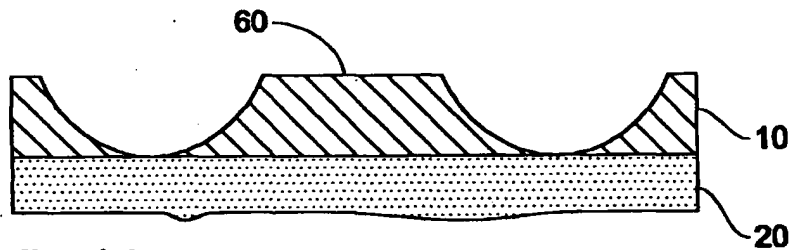


Fig. 1d

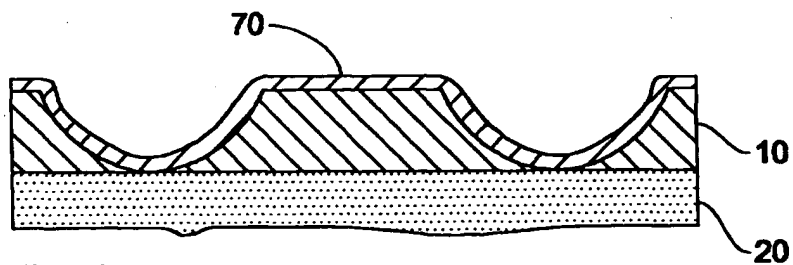


Fig. 1e

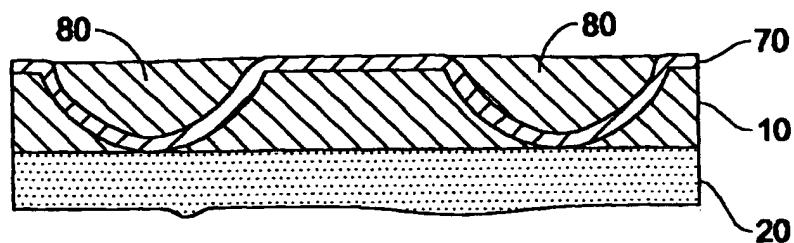


Fig. 1f

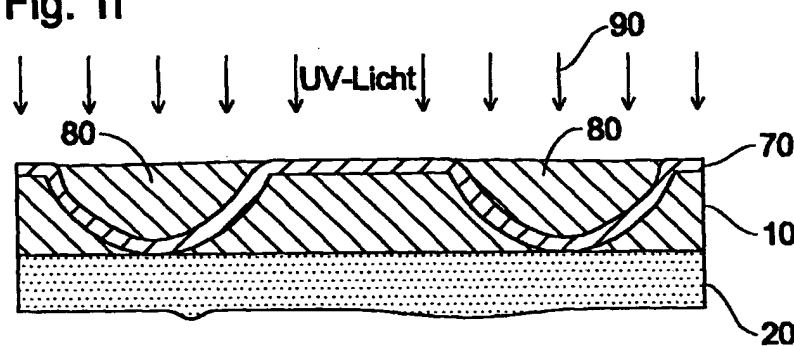


Fig. 1g

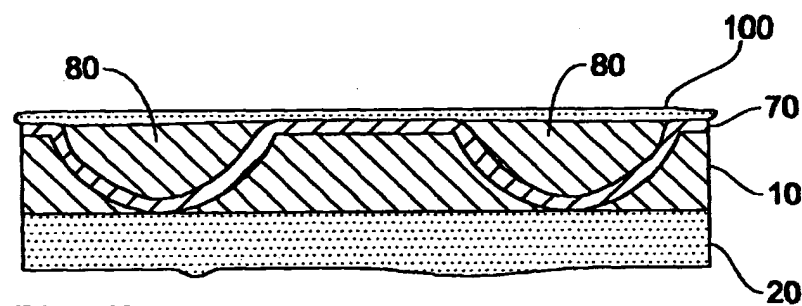


Fig. 1h

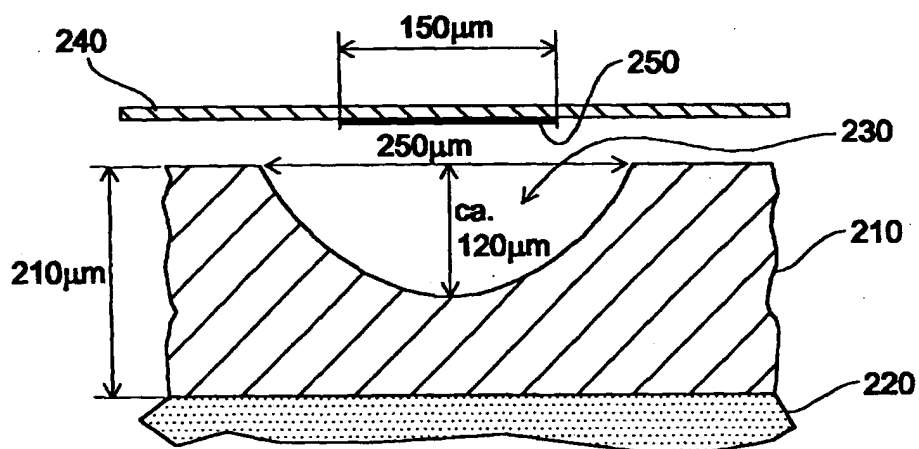


Fig. 2